

PAT-NO: JP02000040938A  
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000040938 A  
TITLE: ULTRA HIGH FREQUENCY PIEZOELECTRIC DEVICE  
PUBN-DATE: February 8, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
IWATA, KOICHI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOYO COMMUN EQUIP CO LTD	N/A

APPL-NO: JP10207495

APPL-DATE: July 23, 1998

INT-CL (IPC): H03H009/19, H03H009/56

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a ultra high frequency crystal resonator which suppresses spurious vibration in the neighborhood of principal vibration by arranging a stepped part, that becomes a boundary between a vibrating part and an annular part which surrounds its periphery at a specified position.

SOLUTION: The part of one principal plane of an AT cut quartz substrate 1 is made recessed by etching and the bottom of a recessed part 2 is etched to prescribed thickness to form a ultra thin vibrating part 3, and also a thick annular surrounding part which supports the circumference of the part 3 is formed integrally. A full electrode 5 is provided on the part 2 side and a partial electrode 6, a lead electrode 7 and a pad electrode 8 are

formed on a flat side. The displacement of principal vibration (S0 mode) is small by appropriately setting the dimension W of the part 3 and a stepped part 4 which is a boundary between the part 3, so that an annular part is located at a position where the displacement of the primary symmetrical vibrating mode (S1 mode) is sufficiently larger than the displacement of the S0 mode.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-40938

(P2000-40938A)

(43) 公開日 平成12年2月8日 (2000.2.8)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 3 H	9/19	H 0 3 H	D 5 J 0 3 3
	9/56		B

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平10-207495

(22) 出願日 平成10年7月23日 (1998.7.23)

(71) 出願人 000003104

東洋通信機株式会社

神奈川県高座郡寒川町小谷2丁目1番1号

(72) 発明者 岩田 浩一

神奈川県高座郡寒川町小谷2丁目1番1号

東洋通信機株式会社内

Fターム (参考) 5J033 AA01 BB02 CC04 CC11 CC12

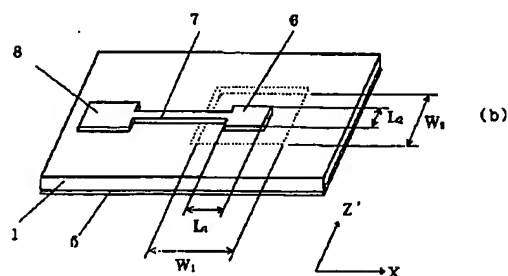
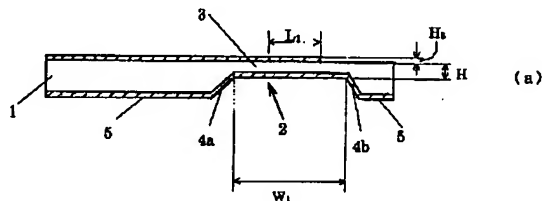
DD02 FF11

(54) 【発明の名称】 超高周波圧電デバイス

(57) 【要約】

【課題】 超高周波圧電デバイスの主振動の近傍に生ずるスプリアス振動を抑圧する手段を得る。

【解決手段】 ATカット水晶板にエッチング等を用いて凹陥部を形成し、該凹陥部の底面を振動部として対向する一対の電極を付着した超高周波圧電振動子で、前記振動部に励起される主振動 ( $S_0$ モード) と多数のスプリアス振動のうち主振動の変位が十分小さく、第1次対称モード ( $S_1$ モード) の変位が比較的大きな位置に前記段差部を配置する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 薄肉の振動部と該振動部の周縁を包囲する厚肉の環状部とを圧電基板にて一体的に形成し、前記振動部の表面に互いに対向する一対の電極を設けた超高周波圧電振動子において、前記振動部に励起される主振動たる $S_0$ モードの変位が小さく、第1次対称モード振動たる $S_1$ モードの変位が主振動のそれに比べて大きくなる位置に前記振動部と前記環状部との境界となる段差部を配置するように構成したことを特徴とする超高周波圧電デバイス。

【請求項2】 薄肉の振動部と該振動部の周縁を包囲する厚肉の環状部とを圧電基板にて一体的に形成し、前記振動部の表面に互いに対向する一対の電極を設けた超高周波圧電振動子において、部分電極の寸法 $L_i$  ( $i=1, 2$ )と振動部の厚さ $H$ との比 $L_i/H$ を60~150、周波数低下量 $\Delta$ を0.04~0.28としたとき、前記振動部3の寸法 $W_1$ と前記振動部の厚さ $H$ との比 $W_1/H$ を195~215となるように設定したことを特徴とする超高周波圧電デバイス。

【請求項3】 薄肉の振動部と該振動部の周縁を包囲する厚肉の環状部とを圧電基板にて一体的に形成し、前記振動部の表面に少なくとも一方を分割電極とする電極を対向配置した超高周波圧電多重モードフィルタにおいて、前記振動部に励起される2つの主振動である $S_0$ モードと $A_0$ モードの変位が小さく、第1次モード振動である $A_1$ モードの変位が主振動のそれに比べて大きくなる位置に前記振動部と前記環状部との境界となる段差部を配置するように構成したことを特徴とする超高周波圧電デバイス。

【請求項4】 前記圧電基板を水晶基板とすることを特徴とする請求項1乃至3記載の超高周波圧電デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は超高周波圧電デバイスに関し、特に主振動近傍のスプリアスを抑圧した超高周波圧電デバイスに関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、通信機器の高周波化、データ処理の高速化、大容量化に伴ってこれらの装置に用いられる圧電デバイスの要望が大きくなっている。このような超高周波圧電デバイスの1つにATカット超高周波水晶振動子があり、その周波数は数百MHzまで実用されている。周知のように、ATカット水晶振動子の振動モードは厚みすべり振動であり、その周波数は水晶基板の厚さに反比例するため、高周波化を図るには水晶基板の厚さを薄くする必要がある。しかし、ATカット水晶基板を平板で作成する場合、耐衝撃性等の機械的強度を考慮すると、基本波振動で約55MHz（厚さで約30 $\mu$ m）

が上限の周波数であると考えられる。

【0003】この周波数の上限を上げるために開発されたATカット水晶振動子が、フォトリソグラフィ技法とエッチングとを用いて製作する超高周波ATカット水晶振動子（以下、超高周波振動子と称す）であり、図4（a）はその構成を示す断面図、同図（b）は斜視図である。はじめに、水晶基板の製作過程を説明すると、機械的強度を保持しつつ高周波化を図る為に、厚さ約80 $\mu$ mのATカット水晶基板11の一方の主面の一部をフォトリソグラフィ技法とエッチングとを用いて凹陷せしめ、該凹陷部12の底面の厚さを所定の厚さまでエッチングして、超薄肉の振動部13とするとともに、該振動部13の周囲を支持する厚肉の環状囲繞部を一体的に形成する。この際、超薄肉の振動部13のエッチングされた平面は水晶基板11の他方の主面と平行にエッチングされる性質があるため、良好な平面度、平行度を有する振動部13が形成される。一方、水晶基板11は結晶軸方向により異方性を有するため、前記凹陷部12の周囲の段差部14a、14bは結晶軸方向により厚さ方向に異なった傾斜でエッチングされる性質を有する。

【0004】超薄肉の振動部13の厚さを所定の厚さにエッチングした後、凹陷部12側には全面に金電極15を付着して一方の電極とすると共に、平面側にはフォトリソグラフィ技法を用いて、部分電極16と該電極から延在するリード電極17及びボンディング部18を形成する。この例においては水晶基板11のリード電極17が延在する方向がX軸、これと直行する方向がZ'軸となるように結晶軸を設定してある。

【0005】超高周波振動子の振動モードも従来のATカット水晶振動子の振動モードと同様であり、厚みすべり振動モード（thickness shear mode）と厚みねじれ振動モード（thickness twist mode）が存在する。前者はX軸方向に変位しX軸方向に伝搬する振動モードであり、後者はX軸方向に変位しZ'軸方向に伝搬する振動モードである。図4に示すような構造の超高周波振動子では、上記いずれの振動モードのエネルギー閉じ込めも、部分電極16の質量負荷効果に依存する。また、その振動モードの変位分布は部分電極16上では余弦状であり、該電極16からの距離と共に指数関数的に減衰することが知られている。部分電極16上には厚みすべり主振動である対称最低次振動モード（ $S_0$ モード）以外に、多数の対称振動モード $S_i$  ( $i=1, 2, \dots$ )と反対称振動モード $A_i$  ( $i=0, 1, 2, \dots$ )が励起され、これらの非調和振動モード（インハーモニック・モード）は主振動に対してはスプリアス振動モードとなる。

【0006】ATカット振動子の主振動とスプリアス振動モードの振る舞いを統一的に説明するための理論が、所謂エネルギー閉じ込め理論であり、その成果の1つとしてスプリアスを抑圧したATカット水晶振動子の設計

法として、厚みすべり振動に対しては次式がよく知られ\* \*ている。

$$L_1 \times \sqrt{\Delta} / H = 2.8 \quad (1)$$

また、厚みねじれ振動に対しては

$$L_2 \times \sqrt{\Delta} / H = 2.4 \quad (2)$$

となる。ここで $L_1$ 、 $L_2$ は部分電極16のX軸方向およびZ'軸方向の寸法、Hは振動部13の厚さと凹陷部側の電極膜15を水晶基板の厚さに換算した厚さとの和で

$$\Delta = (f_s - f_e) / f_s \quad (3)$$

ただ、図3のような構造の超高周波振動子の場合、 $H_s$ を部分電極の膜厚とすると、 $\Delta = H_s / (H + H_s)$ と表すこともできる。

【0007】一般のATカット水晶振動子では、式(1)～(3)を用いて主振動のみを閉じ込めモードとするように諸定数を設定するが、超高周波振動子のように所望の周波数が数百MHzと高周波化する振動子に上式を適用しようとすると、振動部13の厚さが極めて薄くなるため、部分電極16の電極寸法 $L_1$ 、 $L_2$ を極めて小さくするか、部分電極の膜厚 $H_s$ を極端に薄くするか、それとも前記両方の値を極めて小さい値と必要がある。図5は、従来の構造の超高周波振動子の諸定数として、振動部13の厚さHを2.237μm、周波数低下量Δを0.17、振動部のX軸およびZ'軸の基板長 $W_1$ 、 $W_2$ をそれぞれ0.92mm、1.16mm、電極寸法 $L_1$ 、 $L_2$ を共に0.2mmに設定した場合の周波数スペクトルで、共振周波数は619MHzである。横軸は周波数(MHz)、縦軸は超高周波振動子のリアクタンス(Ω)を示している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図5から明らかなように従来の超高周波振動子は、多数のスプリアス振動モードがエネルギー閉じ込め状態にあることを示している。上記の超高周波振動子の部分電極16の膜厚 $H_s$ は、成膜技術上の制約、オーミックロスあるいはエージングの信頼性等の点から、一定の膜厚以下に薄くすることはできない。また、部分電極16の寸法 $L_1$ 、 $L_2$ を小さくしていくと振動子の等価インダクタンスが大きくなり、発振器の素子として用いる場合には適さない。このような制約からX軸方向及びZ'軸方向に多数存在する非調和高次振動モードが閉じ込めモードとなり、強勢なスプリアス振動が多数発生することになる。このように強勢なスプリアス振動が主振動の近傍に存在する高周波振動子を発振器の振動素子として用いると、異常発振(主振動モードで発振するのではなく、スプリアス振動モードで発振する現象)を引き起こすという問題があった。また、上記高周波振動子を電圧制御水晶発振器に用いるとスプリアス振動のため、その周波数可変範囲が制限されるという問題もあった。本発明は上記問題を解決するためになされたものであって、主振動の近傍のスプリアス振動を抑圧した超高周波水晶振動子を提供することを目的とする。

※ある。また、Δは周波数低下量であり、一般的には水晶基板のカットオフ周波数を $f_s$ 、電極を付着した場合のカットオフ周波数を $f_e$ とすると、次式で表される。

★【0009】

10 【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明に係る超高周波圧電デバイスの請求項1記載の発明は、薄肉の振動部と該振動部の周縁を包囲する環状部とを圧電基板にて一体的に形成し、前記振動部の表面に互いに対向する一対の電極を設けた超高周波圧電振動子において、前記振動部に励起される主振動たる $S_0$ モードの変位が小さく、第1次対称モード振動たる $S_1$ モードの変位が主振動のそれに比べて大きくなる位置に前記振動部と前記環状部との境界となる段差部を配置するように構成したことを特徴とする超高周波圧電デバイスである。請求項2記載の発明は、薄肉の振動部と該振動部の周縁を包囲する厚肉の環状部とを圧電基板にて一体的に形成し、前記振動部の表面に互いに対向する一対の電極を設けた超高周波圧電振動子において、部分電極の寸法 $L_i$ ( $i=1, 2$ )と振動部の厚さHとの比 $L_i/H$ を60～150、周波数低下量Δを0.04～0.28としたとき、前記振動部3の寸法 $W_1$ と前記振動部の厚さHとの比 $W_1/H$ を195～215となるように設定したことを特徴とする超高周波圧電デバイスである。請求項3記載の発明は、薄肉の振動部と該振動部の周縁を包囲する環状部とを圧電基板にて一体的に形成し、前記振動部の表面に少なくとも一方を分割電極とする電極を対向配置した超高周波圧電多重モードフィルタにおいて、前記振動部に励起される2つの主振動である $S_0$ モードと $A_0$ モードの変位が小さく、第1次モード振動である $A_1$ モードの変位が主振動のそれに比べて大きくなる位置に前記振動部と前記環状部との境界となる段差部を配置するように構成したことを特徴とする超高周波圧電デバイスである。請求項4記載の発明は、前記圧電基板を水晶基板とすることを特徴とする請求項1乃至2記載の超高周波圧電振動子である。

40 【0010】

【発明の実施の形態】以下本発明を図面に示した実施の形態に基づいて詳細に説明する。図1は本発明に係る超高周波振動子の構成を示す図であって図1(a)は断面図、同図(b)は斜視図である。厚さ約80μmのATカット水晶基板1の一方の主面の一部をフォトリソグラフィ技法とエッチングとを用いて凹陷せしめ、該凹陷部2の底面を所定の厚さまでエッチングして、超薄肉の振動部3を形成すると共に、振動部3の周囲を支持する厚肉の環状囲繞部を一体的に形成する。この凹陷部2の形状

★50

と振動部3の平面度、平行度は、フォトリソグラフィ技法とエッチングとを用いて再現よく形成することができることは前述した通りである。

【0011】超高周波圧電基板の振動部3の厚さを所定の厚さに仕上げた後、凹陷部側には全面電極5を施し、平坦側にはフォトリソグラフィ技法を用いて部分電極6と、該電極から延在するリード電極7及びパッド電極8とを形成し、これをセラミックパッケージ等に収容し、端子の導通を図って超高周波振動子を作成する。図1に示す本発明に係る超高周波振動子の特徴は、平板のATカット水晶振動子のスプリアス振動モードの抑圧指標である部分電極6の寸法 $L_i$  ( $i=1, 2$ でサフィックス1はX軸方向、2はZ'軸方向を表す)と、振動部3の寸法 $W_i$  ( $i=1, 2$ でフィックス1はX軸方向、2はZ'軸方向を表す)とを考慮に入れて、主振動近傍のスプリアスモードを大幅に抑圧した点にある。その原理は図2に示すように振動部3と同じ厚みの圧電基板9に励振電極10を設けた場合、主振動である $S_0$ モードの変位分布はaのようになり、スプリアス振動モードである $S_1$ モードはbのように表される。本発明では $S_0$ モードの変位が小さく、 $S_1$ モードの変位が $S_0$ に比べて十分に大きい位置、即ち図中点線の位置に振動部と環状部との境界である段差部が位置するよう構成する。

【0012】このように構成することにより主振動( $S_0$ )の変位は十分に小さくなっているのに対し、第1次モード( $S_1$ モード)から高次のスプリアス振動モードの変位は段差部およびその外側においても比較的大きいため、高次のスプリアスモードは段差部4a、4bで乱反射を生じ、そのエネルギーを大きく損失することになる。即ち、閉じ込め理論より求めた閉じ込め係数( $L_i \times \sqrt{\Delta}/H$ )を計算すると、主振動のみならず高次のスプリアス振動モードまで閉じ込めモードとなり、これらのスプリアス振動も強勢に励起されるが、振動部3の寸法 $W_i$ を従来のものより小さくし、第1次対称振動モード( $S_1$ モード)から高次のスプリアス振動モードを乱反射して消散できるため、主振動のみがが強勢に励起されることになる。このように振動部3の寸法 $W_i$ を適切に設定することにより、主振動( $S_0$ モード)のみを閉じ込めモードとし、対称第1次振動モード( $S_1$ モード)から高次の振動モードの共振強度を減衰させる手段が本発明の特徴である。

【0013】図3は本発明に係る超高周波振動子の一例で、諸定数として振動部の厚さHを2.237 $\mu$ m、周波数低下量を0.17、振動部3の寸法 $W_1$ 、 $W_2$ をそれぞれ0.4mmと0.44mm、部分電極6の寸法 $L_1$ 、 $L_2$ を共に0.2mm、とした場合の周波数スペクトルで、共振周波数は618MHzである。電気的な諸定数は、図5に示したものと同等であるにも拘わらず、図3の周波数スペクトルは従来の図5のそれと比べ主振動の近傍のスプリアス振動モードが大幅に抑圧されてい

る。特に注目すべき点は、反共振点近傍のスプリアス振動振動が抑圧されたことにより、反共振周波数にスプリアス振動モードが重畳しなくなったことである。更に、種々パラメータを変更して実験を行った結果、600MHz帯においては部分電極の寸法 $L_i$  ( $i=1, 2$ )と振動部の厚さHとの比 $L_i/H$ をほぼ100、周波数低下量 $\Delta$ をほぼ0.17とした場合、前記振動部3の寸法 $W_1$ と前記振動部の厚さHとの比 $W_1/H$ が195~215となるように設定した時に主振動の近傍のスプリアスが抑圧されることが明らかとなった。また、他の共振周波数の場合でも $L_i/H$ を60~150、 $\Delta$ を0.04~0.28としたとき、 $W_1/H$ が195~215の範囲で同等の結果が得られることを確認した。このように主振動に近接するスプリアス振動モードを抑圧することは、該超高周波振動子を発振器に用いた場合、異常発振等の不具合等を解消するばかりでなく、該超高周波振動子を電圧制御発振器の素子として用いた場合、周波数変動幅を大幅に改善することができる。

【0014】上記の説明では、本発明を618MHz帯の基本波水晶振動子に適用した例を挙げたが、本発明はこれのみに限定されるものではなく、あらゆる周波数の超高周波振動子に適用可能である。また、水晶振動子の凹陷部形状については、水晶基板の両面に対向して凹陷部を形成したものであってもよく、超薄肉の振動部あるいは部分電極は円形であってもよい。上記説明では基板1の凹陷部2側に全面電極5を、平坦側に部分電極6を設けたが、その逆あるいは双方ともに部分電極であってもよいことは言うまでもない。さらに、リード電極はX軸方向に延在したが、Z軸方向としてもよく、任意の方向よいことは言うまでもない。

【0015】また、本発明は2つの振動モードを用いる2重モードフィルタにも適用できることは言うまでもない。2重モードフィルタの場合は、いずれか一方の電極を分割電極とするため対称振動モード( $S_i$ モード)の他に、反対称振動モード( $A_i$ モード)も励起される。従って、振動部の振動板寸法は2つの主振動 $S_0$ 、 $A_0$ モードの振動変位は十分に小さくするが、これらより高次のスプリアス振動 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ ...や $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ ...の振動変位は比較的大きくし、振動部3の端の段差部4a、4bに達し、それらの振動変位(振動エネルギー)が乱反射するように振動部寸法を設定すればよい。

【0016】以上の説明は圧電基板として水晶基板を例に挙げて説明したが、本発明は水晶に限定する必要はなく、他の圧電材料、ランガサイト、タンタル酸リチウム、タンタル酸ナニオバイト及び四硼酸リチウム等の圧電材料に適用できることは言うまでもない。

【0017】

【発明の効果】本発明は、以上説明したように構成したので、超高周波デバイスにおいて、超薄肉振動部の振動板の厚に対して、成膜上の制約、電極膜の信頼性、ある

【図5】従来の超高周波水晶振動子の周波数スペクトル

X、Z'・・・ATカット水晶基板の結晶軸

リアクタンス (Ω)

618 MHz

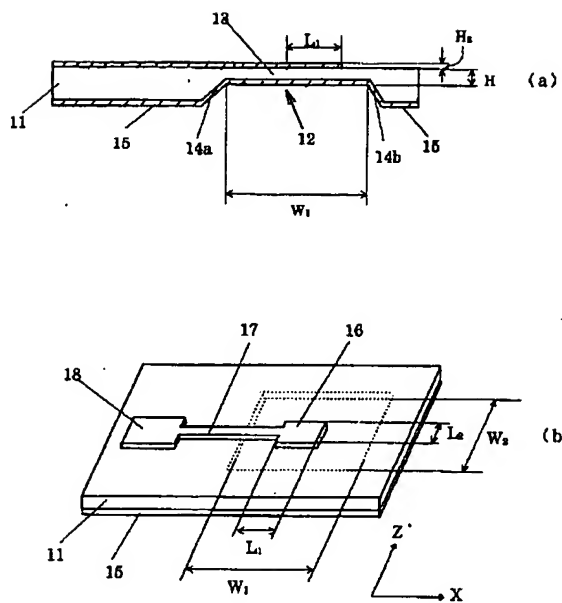
EXT REF

OSC 1.0 0.1  
CENTER 0.10 MHz

BASE OFF  
SPAN 20 MHz

周波数 (MHz)

【図4】



【図5】

